

TECHNOLOGIE POST-RECOLTE

Rapport d'expérimentations - Campagne 1996-97

CONSERVATION DES SEMENCES D'ARACHIDE EN MILIEU PAYSAN

Evaluation de l'efficacité d'un insecticide naturel (farine de *Pachyrhizus erosus*) sur le contrôle de la bruche *Caryedon serratus* Ol.

Sébastien THIBAUT

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	3
RESUME	4
PROBLEMATIQUE	5
INTRODUCTION	6
I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	7
I - TAXONOMIE ET BIOLOGIE DE LA BRUCHE DE L'ARACHIDE	8
I.1 Systématique et synonymie	8
I.2 Morphologie	8
I.3 Biologie	8
II - LES PLANTES A EFFET INSECTICIDE	9
II.1 Utilisation des plantes à effet insecticide dans le monde	9
II.2 Principales plantes utilisées contre les bruches en Afrique subsaharienne	9
II.3 <i>Pachyrhizus erosus</i> (L. Urban)	10
II - EVALUATION AU LABORATOIRE DE LA DOSE EFFICACE DE FARINE DE <i>P. EROSUS</i> POUR LE CONTROLE DE <i>C. SERRATUS</i>	12
I - OBJECTIF	13
II - MATERIEL ET METHODES	13
II.1 Matériel vivant	13
II.1.1 Insectes	13
II.1.2 Matériel végétal	13
II.2 Méthodes	13
II.2.1 Plan d'expérience	13
II.2.2 Paramètres observés et expression des résultats	14
III - RESULTATS ET DISCUSSION	16
III.1 Tableau des résultats	16
III.2 Analyse des résultats et conclusion	16
III - ESSAIS EN MILIEU PAYSAN	17
I . CONSERVATION DES SEMENCES EN GRENIER TRADITIONNEL	18
I - MATERIEL ET METHODES	19
I.1 Description du site d'expérimentation	19
I.1.1 Pratiques culturelles	19
I.1.2 Typologie du stockage	19
I.2 Traitement	20
I.2.1 Produits phytosanitaires testés et codification	20
I.2.2 Application des produits phytosanitaires	20
I.3 Plan d'expérience	20

I.4 Paramètres observés et expression des résultats	21
I.4.1 Echantillonnage	21
I.4.2 Paramètres observés	21
II - RESULTATS ET DISCUSSIONS	22
II.1 Etat sanitaire des semences avant le stockage	22
II.2 Effet des traitements sur la pression d'infestation de <i>C. serratus</i>	24
II.3 Répercussion des traitements sur la qualité des graines	26
II.3.1 Potentiel germinatif	26
II.3.2 Etat sanitaire	27
II.3.3 Rendement au décortilage	30
II . REPERCUSSION DE LA CONSERVATION DES SEMENCES SUR LE MAINTIEN DE LEUR VALEUR CULTURALE	31
I - OBJECTIF	32
II - MATERIEL ET METHODE	32
II.1 Description des sites d'expérimentation	32
II.2 Plan d'expérience	32
II.2 Paramètres observés	Erreur! Signet non défini.
III - RESULTATS ET DISCUSSION	35
III.1 Densité à la levée	35
III.2 Rendements	36
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	37
 BIBLIOGRAPHIE	 40
ANNEXES	42

Liste des tableaux et figures

Tableau 1 : Les principales substances insecticides isolées des graines de *P. erosus*

Tableau 2 : Toxicité de la farine de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*

Tableau 3 : Pourcentage de coques présentant un défaut acquis avant le stockage

Tableau 4 : Nombre d'orifices de sortie des larves par échantillon de 500 gousses

Tableau 5 : Nombre d'adultes par échantillon de 500 gousses

Tableau 6 : Evolution au cours du temps de la faculté germinative (%) des semences d'arachide après traitement

Tableau 7 : Evolution au cours du temps de l'énergie germinative (sur 300) des semences d'arachide après traitement

Tableau 8 : Taux de contamination des lots de graines d'arachide stockés pendant 8 mois en grenier traditionnel (en %) par *A. niger* et *A. flavus* avant le tris des paysans

Tableau 9 : Taux de contamination des lots de graines d'arachide stockés pendant 8 mois en grenier traditionnel (en %) par *A. niger* et *A. flavus* après le tris des paysans

Tableau 10 : Rendement au décorticage des lots de graines après 8 mois de stockage

Tableau 11 : Récapitulatif des dates des travaux effectués sur les parcelles expérimentales par les paysans

Tableau 12 : Nombre de pieds d'arachide levés au 12^{ème} jour après le semis

Tableau 13 : Rendements en gousses et en fanes à la récolte

figure 1 : Efficacité de la farine de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*

figure 2 : Evolution comparée de l'infestation dans chacun des 4 greniers, tous traitements confondus

figure 3 : Effet des traitements insecticides sur l'évolution de la pression d'infestation

figure 4 : Effet des traitements insecticides sur le développement de la microflore pathogène tous traitements confondus, 72 heures après germination des graines en étude à 30°C

figure 5 : Plan de l'essai

RESUME

L'arachide *Arachis hypogea* L. joue un rôle économique et alimentaire essentiel pour les populations d'Afrique subsaharienne. Malheureusement, les graines de cette légumineuse subissent de redoutables attaques par la bruche *Caryedon serratus* Ol. (COLEOPTERA : BRUCHIDAE) au cours de leur stockage en milieu paysan. Les pertes de productivité et la dégradation de la valeur nutritive qui en résultent, remettent en question le développement, voire même la subsistance des populations rurales.

Un programme de recherche a été mis en place pour trouver des méthodes de lutte contre ce ravageur majeur en adéquation avec le contexte socio-économique et agronomique africain. L'une d'entre elles repose sur l'utilisation des plantes connues pour leurs propriétés insecticides. C'est dans ce cadre que l'activité biologique d'extraits de *Pachyrhizus erosus* L. Urban, une légumineuse tubérifère récemment introduite au Sénégal a été évaluée.

La farine complète de *P. erosus* présente un puissant potentiel insecticide sur les adultes de *C. serratus* à faible dose. La mortalité imaginale maximale est observée dès le premier jour qui suit le traitement à la dose de 1% (p/p).

Cette protection des graines contre la bruche de l'arachide pendant toute la durée du stockage à l'intérieur des greniers paysans s'accompagne d'une amélioration marquée de leur valeur culturale et nutritionnelle. Le rendement moyen en gousses et en fanes des parcelles semées avec des semences traitées par les extraits de *P. erosus* ont été bonifiés respectivement de 37,8% et de 27,3%. Dans le même temps, le taux moyen de contamination des graines par *Aspergillus flavus* a chuté de 88,7%.

Mots clef : *Arachis hypogea* ; *Caryedon serratus* ; *Pachyrhizus erosus* ; technologie post-récolte

ABSTRACT

Groundnut plays an essential economical and alimentary role for subsaharian African populations. Unfortunately the seeds of this leguminous plant in country environment undergo drastic attacks from bruchid *Caryedon serratus* Ol. (COLEOPTERA : BRUCHIDAE) while by being stored. The consecutive yield losses and degradation of the nutritive value recalls the subsistence of the rural populations in question.

A research program has been established in order to find new ways to fight to this major pest according to the African social economical and agronomical context. One way relies on the use of plants known for their insecticide properties. As part of this program, the biological activity of extracts from *Pachyrhizus erosus* L. Urban, a tuberous leguminous plant recently introduced in Senegal has been tested.

The complete flour of *P. erosus* shows a high insecticide potential on *C. serratus* adults, at low concentrations. The optimal adult mortality has been noticed from the first day following a 1% (w/w) treatment.

The protection of these seeds from the groundnut bruchid during the complete storage period inside rural granaries comes with a subsequent improvement of its nutritive and cultural values. The average seed and haulm yields obtained from seeds treated with extracts from *P. erosus* have been risen respectively by 37,8% and 27,3%. In the same time, the average *Aspergillus flavus* seed contamination rate has decreased of 88,7%.

Key words : *Arachis hypogea* ; *Caryedon serratus* ; *Pachyrhizus erosus* ; post-harvest technology

PROBLEMATIQUE

Depuis le début des années 1990 et le désengagement de l'Etat, la filière arachidière traverse une grave crise. Ainsi, la collecte officielle des gousses d'arachide destinées à l'industrie huilière est passée de 750.000t en 1960 à 265.000t en 1996 (source SONAGRAINE, 1996), alors que la capacité de trituration de l'outil industriel est de 900.000t. Le volume exporté (en huile et en gousses) a aussi considérablement été réduit, privant l'économie sénégalaise d'une source non négligeable en devises. Selon des calculs de réestimation de la production nationale d'arachide, il semblerait qu'elle avoisine les 495.000t en 1996, soit une réduction de 40% par rapport aux années 1960 (Freud *et al*, 1997). Les facteurs déterminants de cette chute de la production peuvent être classés en trois catégories :

- Les agents dépréciateurs de l'importance de l'arachide dans les systèmes de production (contraintes foncières, investissements en équipements et main d'œuvre) ;
- Les systèmes d'incitation trop discrets (politique des prix et facteurs institutionnels) ;
- Les agents inducteurs de la chute des rendements (pédo-climatiques, semenciers, sanitaires et culturaux).

Compte tenu de l'orientation à la hausse des superficies cultivées en céréales qui ont supplanté en partie l'arachide dans certaines régions, en concordance avec l'objectif de sécurité alimentaire du gouvernement sénégalais, il ne peut être question de substituer l'arachide aux céréales pour augmenter la production nationale. L'unique solution reste donc l'augmentation de la productivité des terres emblavées en arachide déjà existantes. Cette dernière dépend de trois points essentiels pouvant être améliorés : le respect de l'itinéraire technique, la fertilité des sols et la qualité des semences.

La qualité des semences est en effet essentielle pour obtenir de bons rendements. A côté des travaux indispensables pour améliorer l'adaptation aux conditions naturelles des nouvelles variétés, il convient de porter un effort particulier sur la conservation de la qualité semencière des graines, de l'instant de leur production jusqu'à celui de leur mise en culture. Or, depuis l'arrêt des distributions de semences d'arachide par l'Etat, les producteurs doivent constituer des "réserves personnelles" à partir des récoltes en cours pour pouvoir ressemer l'année suivante. Cette opération consiste à sélectionner parmi la production courante les graines qui présentent visuellement les caractères d'une semence convenable. Dans ces conditions, il est évident qu'une bonne conservation ne suffit pas à elle seule pour assurer l'accroissement des rendements. L'altération continue de la production d'arachide au Sénégal depuis environ dix années est la conséquence du non renouvellement des variétés cultivées (pollution variétale et dérive génétique) et de la dégradation des conditions économiques et pédo-climatiques. Pour améliorer cette situation, la génération d'un capital semencier à partir de semences de qualité avec une multiplication indépendante de la production qui ferait appel à une conduite toute particulière est indispensable. Mais dans l'état actuel de la stagnation des programmes de diffusion de semences certifiées en milieu paysan, l'optimisation des moyens de conservation reste un point primordial pour les producteurs.

INTRODUCTION

L'arachide *Arachis hypogea* L. occupe une place importante dans le système d'exploitation agricole de nombreux pays africains. L'appareil végétatif de cette légumineuse est entièrement valorisé dans l'alimentation humaine, du bétail et dans les industries alimentaires et cosmétiques (Cissé, 1994). Malheureusement, l'ampleur des pertes post-récolte frappant les pays en voie de développement représente une contrainte majeure dans la constitution de ressources alimentaires et de revenus agricoles pour la population rurale. Des études réalisées en Amérique Latine (Colombie et Mexique), en Afrique Soudano-sahélienne (Niger et Burkina Faso) ainsi qu'en Afrique Forestière (Congo) ont montré que les dégâts touchant les graines de légumineuses dans les greniers traditionnels peuvent atteindre 100 % après 5 à 6 mois de stockage (Matokot *et al.*, 1987 ; Alzouma, 1995). Ceux-ci sont majoritairement imputables aux arthropodes. Au Sénégal l'arachide stockée est susceptible d'être attaquée par de nombreuses espèces d'insectes, mais c'est sans conteste la bruche *Caryedon serratus* Ol. qui en est le principal ravageur. C'est en tout cas le seul qui soit capable de perforer les gousses saines, offrant par la suite un terrain propice à l'installation de ravageurs secondaires (*Tribolium sp.*, *Corcyra cephalonica*, etc.) et au développement des moisissures telles que *Aspergillus flavus*. Les dégâts ainsi occasionnés se traduisent essentiellement par :

- Une baisse du potentiel germinatif des semences ;
- Une dégradation de la valeur nutritive des graines consécutive à la perte pondérale et l'accumulation de métabolites toxiques induites par l'infestation.

Ces préjudices causés aux ressources alimentaires des villageois et les risques que représentent pour la santé publique la trituration de ces graines contaminées par l'aflatoxine nous ont conduit à étudier les conditions de conservation les mieux adaptées au contrôle du développement des populations de *C. serratus* pour assurer la préservation de la valeur semencière et nutritionnelle des graines d'arachide stockées en milieu paysan.

Cependant, dans le contexte agronomique et socio-économique africain, l'utilisation des produits phytosanitaires de synthèse a montré ses limites. Lorsqu'ils ne sont pas inaccessibles, ils sont généralement très mal utilisés par les agriculteurs et sont responsables d'intoxications, de pollutions et de gaspillage de moyens. Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte dont l'une d'entre elles consiste à utiliser des plantes traditionnellement connues pour leurs propriétés insecticides (Camara, 1997). C'est dans cette optique que le Laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées et de Technologie Post-Récolte du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) a étudié le potentiel insecticide des graines du "haricot-igname" *Pachyrhizus erosus* (L. Urban) au laboratoire et en milieu paysan sur la bruche de l'arachide en collaboration avec le Centre Régional d'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) qui a introduit cette légumineuse tubérifère au Sénégal. Les graines de cette espèce de plante originaire d'Amérique du Sud renferment deux principes actifs aux propriétés insecticides : la roténone et la pachyrhizine. L'efficacité de ce produit végétal a été comparé en milieu paysan à un insecticide de synthèse couramment utilisé sur le marché sénégalais, le Primex® (malathion + cyperméthrine), produit et commercialisé par la société SENCHIM.

I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I - TAXONOMIE ET BIOLOGIE DE LA BRUCHE DE L'ARACHIDE

Caryedon serratus est une espèce très répandue en Asie et en Afrique tropicale d'où elle est originaire (Decelle, 1981). Naturellement inféodée aux légumineuses arbustives et particulièrement aux *Caesalpinaceae*, tel que le tamarinier *Tamarindus indica* (Ndiaye et Jarry, 1990), cette bruche très polyphage a été signalée sur l'arachide peu avant la première guerre mondiale à Java et au Sénégal (Davey, 1958), mais il semblerait qu'elle s'y soit attaquée dès l'introduction de cette culture dans ces régions du monde (Matokot *et al.*, 1987).

I.1 Systématique et synonymie

Sous-classe des OLIGONEOPTERES

Ordre des COLEOPTERES

Sous-ordre des Polyphaga

Famille des Bruchidae

Sous-famille des Pachymerinae

Genre *Caryedon*

espèce *serratus* (Olivier)

Il existe un grand nombre de synonymes dans la littérature parmi lesquels on peut distinguer : *Bruchus serratus* Ol., *Bruchus gonagra* (Fabricius), *Caryedon fuscus* (Goeze), *Caryedon gonagra* F., *Pachymoerus fuscus* (Bedel), *Pachymoerus acaciae* F., *Pachymoerus gonagra* F., *Pachymoerus fuscus* B., *Caryoborus gonagra* F., *Caryoborus fuscus* F..

I.2 Morphologie

L'adulte mesure de 5 à 8 mm. Le corps est allongé, ovale, brun-rouge et recouvert d'une pubescence lui donnant un aspect moucheté. La tête est petite, les yeux volumineux. Les élytres testacés et marqués de brun découvrent l'extrémité de l'abdomen (Delobel et Tran, 1993). Les fémurs des pattes postérieures sont fortement dilatés avec le bord antérieur en dents de scie. Les tibias sont recourbés en arc de cercle. La larve de dernier stade (L₄) mesure environ 6 mm. Elle est trapue, arquée avec le corps rosé et les pattes très réduites.

I.3 Biologie

Les premières infestations sont observées dès la sortie de terre des gousses au moment où la récolte est mise à sécher, mais elles ne sont qu'occasionnelles à l'origine des fortes pressions de ce ravageur. La présence de plantes hôte (*Bauhinia rufescens*, *Cassia arareh*, *Cassia sieberiana*, *Piliostigma reticulatum*, *Piliostigma thoningii* et *Tamarindus indica*) à proximité des cultures d'arachide assure le maintien constant des populations de *C. serratus* et du risque de contamination. La principale source d'infestation est *in situ* faute d'un nettoyage suffisant des locaux de stockage ou de la coexistence de lots de gousses déjà contaminées avec les récoltes fraîchement rentrées des champs (Conway, 1983 ; Ndiaye et Jarry, 1990). Sur une période de stockage de 6 mois, on peut généralement dénombrer 3 générations successives, la troisième étant la plus préjudiciable puisque les pertes subies peuvent dépasser 60 % du poids sec en graines (Matokot *et al.*, 1987).

L'accouplement qui survient généralement 24 à 48 heures après l'émergence des adultes entraîne une maturation rapide des ovocytes des femelles (Ndiaye, 1981). Celles-ci émettent une phéromone sexuelle qui attire les individus mâles et s'accouplent en phase

crépusculaire. Les premières pontes interviennent le jour suivant. A l'aide d'un ovipositeur rétractile, la femelle choisit le substrat et l'endroit (crevasses et dépressions) où seront déposés les œufs dont le nombre varie en fonction de la température et de l'humidité relative (Ndiaye, 1981). En conditions naturelles, une femelle peut pondre une moyenne de 70 œufs sur une période de 7 à 14 jours (Balachowsky, 1962). L'imago ne se nourrit pas et ne provoque pas de dégâts dans les stocks. Dans les conditions optimales de développement (27 à 33°C et rH = 70-90 %), l'incubation dure environ une semaine. La larve éclôt au bout du 8^{ème} jour et pénètre à l'intérieur de la graine en perforant la paroi de la coque après avoir perforé le chorion de l'œuf (Matokot *et al.*, 1987). On distingue 4 stades larvaires (L₁, L₂, L₃, L₄) qui s'étalent sur une période de un mois. Les trois premiers se déroulent à l'intérieur de la graine et c'est au cours du dernier stade, lorsqu'elles sont arrivées au terme de leur développement, que les larves percent à nouveau la graine et la gousse en laissant un opercule caractéristique d'environ 3 mm de diamètre avant d'entrer en nymphose. Dans des conditions optimales, cette phase de métamorphose n'excède pas 28 jours, mais si elles deviennent défavorables on peut observer l'entrée en quiescence nymphale des individus, induisant le retardement de la sortie des adultes. Au champ, les nymphes se retrouvent souvent à la base de la meule alors que l'on peut les retrouver dans tous les horizons suffisamment aérés d'un stock d'arachide en vrac ou en sac (Conway, 1983).

II - LES PLANTES A EFFET INSECTICIDE

II.1 Utilisation des plantes à effet insecticide dans le monde

Dans sa quête permanente de moyens de lutte contre les ravageurs des denrées stockées, l'homme s'est très tôt intéressé aux substances biocides extraites de certaines plantes qu'il rencontrait dans son habitat naturel (Kandji, 1996). Les propriétés insecticides d'une Astéracée *Pyrethrum roseum* ont été utilisées depuis plus de 2000 ans par les chinois, celle d'une Solanaceae *Nicotinia tabacum* depuis le 17^e siècle. Au Kenya, Japon et sur tout le continent sud américain les pyrèthrine, cinélines et jasmolines, extraites des fleurs de pyrèthre, sont des principes actifs très utilisés dans le domaine de la pharmacie des plantes. La découverte de la roténone, une molécule douée d'une forte activité insecticide, dans les racines de certaines Fabaceae (ex Papilionacées) telles que *Derris elliptica*, *D. malaccensis*, *Lonchocarpus nicou* et *L. urucu* a participé à l'intensification de l'utilisation des produits végétaux dans la lutte anti-parasitaire. Aujourd'hui, des milliers de plantes et leurs extraits sont utilisés dans les pays du Tiers Monde pour la protection des récoltes (De Luca, 1979).

II.2 Principales plantes utilisées contre les bruches en Afrique subsaharienne

En Afrique subsaharienne, les principales plantes utilisées traditionnellement contre les coléoptères parasites des denrées stockées en général et les bruches en particulier sont généralement des répulsifs, antiappétants ou toxiques (ovicide, larvicide et adulticide). Celles-ci appartiennent majoritairement aux familles des Caesalpinaceae (*Afzelia africana*, *Cassia nigricans*, *Erythrophleum guineense*), des Capparaceae (*Boscia senegalensis*), des Fabaceae (*Pterocarpus erinaceus*), des Malvaceae (*Gossypium hirsutum*), des Mimosaceae (*Acacia senegal*, *Parkia biglobosa*), des Myrtaceae (*Eucalyptus globulus*), des Poaceae (*Andropogon sp.*, *Cymbogon sp.*), des Solanaceae (*Capsicum frutescens*) et des Verbanaceae (*Lantana camara*, *Lippia multiflora*).

Plantes à usage insecticide

II.3 *Pachyrhizus erosus* (L. Urban)

- Taxonomie, description et écologie :

P. erosus appartient à la famille des Fabaceae, à la sous-famille des faboideae, à la tribu des Phaseoleae et à la sous-tribu des Diocleinae. Le genre *Pachyrhizus* comprend cinq espèces : *P. erosus*, *P. tuberosus*, *P. ahipa*, *P. ferougineus*, *P. panamensis*. Seules les trois premières sont cultivées.

La plante est caractérisée par un port ramifié, poilu, rampant ou semi-dressé avec des feuilles trifoliées, des inflorescences auxiliaires en racèmes et des tubercules racinaires. Les folioles ont une forme très variée (entière, dentée, palmée et lobée). Les caractères distinctifs de l'espèce sont l'absence ou la faible présence de poils sur les pétales, le nombre de fleurs par inflorescence (4 à 11), la longueur de l'inflorescence et les caractéristiques de la graine. Les graines en forme de lentilles carrées ou arrondies peuvent être de couleur brune, vert-olive ou rouge-verdâtre (Sorensen, 1990 ; Diouf, 1993). Cette légumineuse tubérifère est communément appelée "haricot-igname" (Yam bean en anglais).

La variation de la longueur du jour entraîne des phénomènes de compétition entre la tubérisation et la fructification. En période de jours courts, la plante boucle son cycle de développement au bout de 5 mois (d'octobre à février). Cette saison favorise une fructification abondante et un accroissement du rendement en grains. Par contre, si la plante est cultivée en période de jours longs, on observe un allongement du cycle qui s'accompagne d'un rendement élevé en tubercules au détriment de la formation des graines.

- Utilisations :

Tous les organes du haricot-igname sont utilisés dans l'alimentation humaine et du bétail. La haute valeur nutritive de ses tubercules en fait une plante qui pourrait occuper une place importante dans les programmes de sécurisation des ressources alimentaires dans les pays du Tiers Monde. Son introduction récente au Sénégal par le CERAAS pourrait représenter un élément de diversification de l'alimentation des populations rurales.

Les gousses et les graines de *P. erosus* sont douées de propriétés insecticides conséquentes à la biosynthèse par la plante de plusieurs principes actifs qui s'y accumulent (Sorensen, 1990).

Tableau 1 : Les principales substances insecticides isolées des graines de *P. erosus*

Famille chimique	Nom des principes actifs
Isoflavones	Néoténone, Deshydro Néoténone
Roténoïdes	Roténone, Erosone, Pachryhizone, 12 α -OH Pachryhizone Dolinéone, 12 α -OH Dolinéone
Furano 3-Phényl	Pachyrhizine
Coumarine	Erosnine

Source : Sorensen *et al.*, 1992

La roténone est un insecticide de contact-ingestion à large spectre qui se révèle être efficace sur de très nombreuses espèces d'insectes. Purifiée, la roténone n'a aucun effet rémanent, mais sa persistance d'action peut atteindre de 3 à 7 jours lorsqu'elle est incluse dans les extraits végétaux qui ont un effet stabilisateur. Son action toxique se manifeste à de très faibles doses. Ainsi, la DL_{50} pour le ver à soie avoisine les 0,003 mg. Elle est pratiquement inoffensive pour l'homme et les mammifères, mais toxique pour les animaux à sang froid qu'elle tue à faible dose. Les autres roténoïdes et isoflavénoïdes ont une activité biocide plus anecdotique.

Contrairement au pyréthriinoïdes qui agissent rapidement avec une action de choc souvent fugace, la roténone agit de façon beaucoup plus lente, l'insecte continuant à se nourrir normalement après l'absorption de sa dose létale. Son action neurotoxique ne se manifeste qu'au bout d'environ 48 heures et on n'observe jamais de reviviscence chez les adultes intoxiqués. Cette matière active agit en perturbant la transmission de l'influx nerveux. Ses effets touchent principalement le système respiratoire de l'insecte qui meure par asphyxie.

II - EVALUATION AU LABORATOIRE DE LA DOSE EFFICACE DE FARINE DE *P. erosus* POUR LE CONTROLE DE *C. serratus*

I - OBJECTIF

Cette étude entièrement menée au laboratoire vise à évaluer l'activité biologique intrinsèque de la farine complète de *Pachyrhizus erosus* sur la bruche de l'arachide en vue de déterminer une dose optimale d'utilisation applicable en milieu paysan.

II - MATERIEL ET METHODES

II.1 Matériel vivant

II.1.1 Insectes

Les souches parentales de *C. serratus* utilisées dans cette expérimentation proviennent de lots d'arachide infestés prélevés en milieu paysan à la fin de la campagne agricole de 1995 aux alentours de la localité de Ndiakane (région de Diourbel, département de Bambey). Les populations d'insectes ont été par la suite maintenues par des élevages de masse au Laboratoire d'Entomologie des Denrées Stockées et de Technologie Post-récolte du CNRA de Bambey. Les tests d'évaluation de l'activité biologique de *P. erosus* sur *C. serratus* ont été réalisés sur des adultes âgés de 24 heures issus de population en croissance synchrone.

II.1.2 Matériel végétal

- Le substrat :

Tous les tests ont été réalisés sur des insectes placés en présence de leur substrat. La variété d'arachide retenue est la variété 55-437 (Spanish à cycle de 90 jours) qui reste la plus couramment exploitée dans la zone Centre-Nord du Bassin Arachidier et dans le village de Ndiakane. Les graines décortiquées ont été achetées sur le marché de Bambey au mois d'août 1997.

- Le produit végétal testé :

L'efficacité des farines de deux variétés de *P. erosus* (EC 219 et EC 503) ont été comparées. Les graines d'où sont extraites les farines ont été produites dans la localité de Thiago (région de Saint Louis, département de Dagana) en 1995 et conservées dans les conditions ambiantes de température et d'humidité relative d'un magasin de stockage du CERAAS à Bambey. La farine grossière est préparée à partir des graines qui sont pilées dans un mortier en bois. Celle-ci est ensuite calibrée au travers d'un tamis dont les mailles ont un diamètre inférieur à 0,5 mm.

II.2 Méthodes

II.2.1 Plan d'expérience

- Conditions de l'expérimentation :

- conditions ambiantes du laboratoire : $t^{\circ} = 30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $\text{rH} = 60 \pm 10\%$
- ravageur : adultes de *C. serratus* âgés de 24 heures
- substrat : graines décortiquées d'arachide de variété 55-437
- unité de conditionnement : boîtes de Pétri (\varnothing 9 cm)

- produit végétal testé : farine de *P. erosus*
- Objets de comparaison :
 - deux facteurs étudiés : variété de *P. erosus* et traitement
 - facteur variété à 2 niveaux : EC 219 et EC 503
 - facteur traitement à 7 niveaux (dose de produit incorporé au substrat (% p/p)) : 0 % ; 0,1% ; 0,25% ; 1% ; 2% ; 4% ; 8%
- Unité expérimentale :
 - boîte de Pétri avec 20 g de graines d'arachide + 5 couples d'insectes
- Dispositif expérimental :
 - dispositif en randomisation totale
 - nombre de répétitions : 5

II.2.2 Paramètres observés et expression des résultats

L'activité biologique de la farine de *P. erosus* est évaluée par mesure de sa toxicité de contact sur les insectes adultes (observation du nombre d'adultes morts) après 24, 48 et 72 heures. Le critère de mortalité retenu correspond à un insecte qui ne peut plus marcher, encore moins se tenir debout. Le potentiel de reproduction de l'individu étant dans ces conditions excessivement faible voire nul car toute activité de copulation et d'oviposition est rendue impossible.

Sur la base des données obtenues aussi bien pour les objets traités que pour les témoins non traités, l'efficacité du produit testé est exprimée en pourcentage de mortalité corrigée de façon à éliminer les interactions conséquentes à la mortalité naturelle observée pendant l'expérimentation.

Pourcentage de mortalité corrigée selon Abbot :

$$\% C = \frac{MT - MTo}{100 - MTo} \times 100$$

avec % C = pourcentage de mortalité corrigée
 MT = mortalité des objets traités
 MTo = mortalité des objets non traités

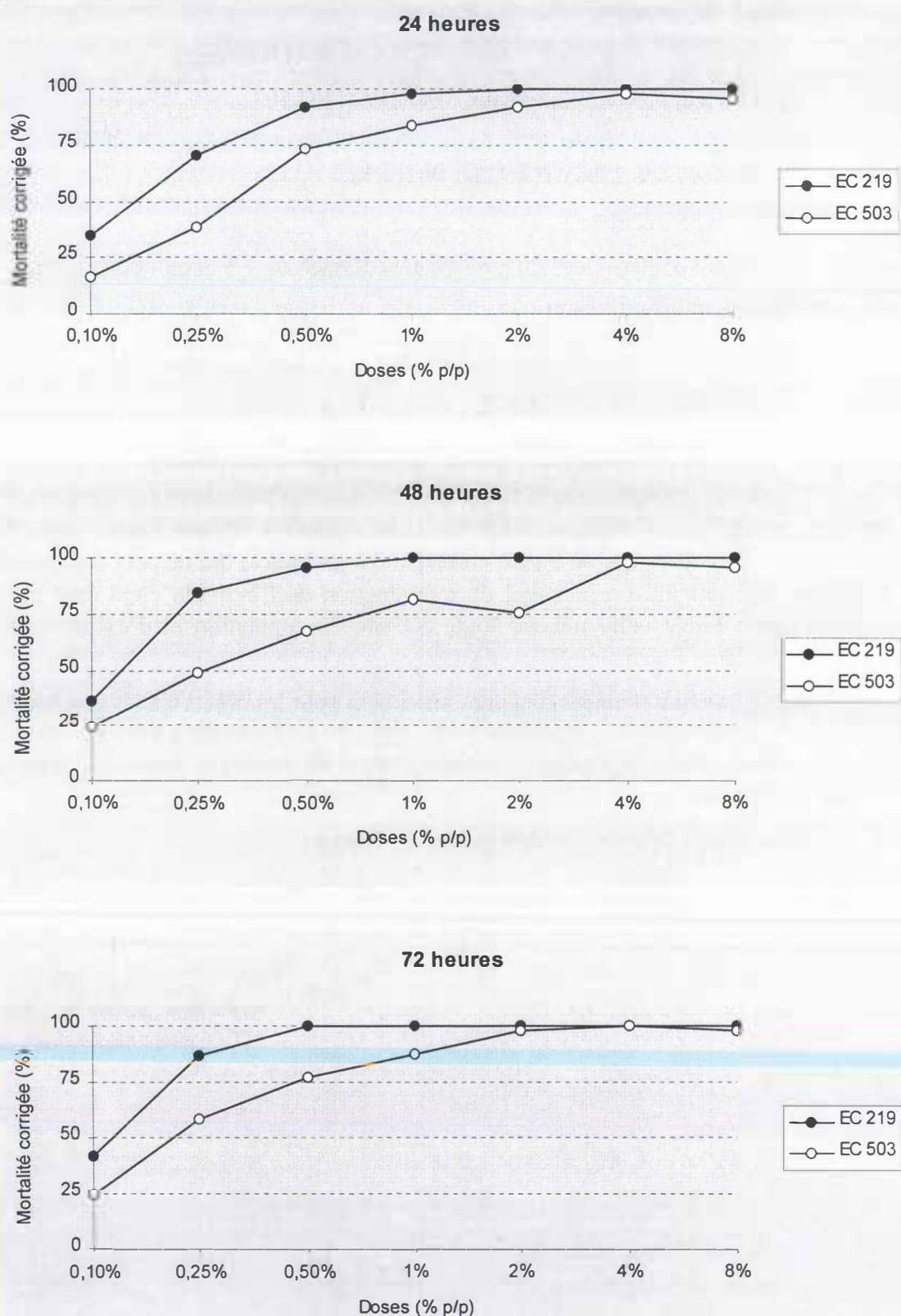


figure 1 : Efficacité de la farine de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*

III - RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Tableau des résultats

Tableau 2 : Toxicité de la farine de 2 variétés de *P. erosus* sur les adultes de *C. serratus*

Variétés de <i>P. erosus</i>	Concentrations (% p/p)	% de mortalité corrigée après		
		24 h	48 h	72 h
EC 219	0,10	34,7 ^c	36,4 ^{cd}	41,8 ^b
	0,25	70,7 ^b	84,7 ^{ab}	86,7 ^a
	0,50	91,8 ^a	95,8 ^a	100 ^a
	1	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	2	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	4	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	8	100 ^a	100 ^a	100 ^a
EC 503	0,10	16,2 ^d	24,2 ^d	24,9 ^d
	0,25	38,7 ^c	49,1 ^c	58,4 ^c
	0,50	73,3 ^b	67,3 ^b	76,9 ^b
	1	83,8 ^{ab}	81,8 ^{ab}	87,6 ^a
	2	91,8 ^a	75,4 ^{ab}	97,8 ^a
	4	97,8 ^a	97,8 ^a	100 ^a
	8	98,8 ^a	95,8 ^a	97,8 ^a

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls) (Camara, 1997)

III.2 Analyse des résultats et conclusion

Le comportement des farines de EC 219 et EC 503 sont sensiblement identiques. La mortalité imaginale croît asymptotiquement jusqu'à atteindre une valeur seuil à partir de laquelle la réponse est toujours maximale quelque soit la dose (figure 1).

Dès les premières 24 heures d'exposition, on observe une très forte activité biologique des deux variétés de *P. erosus* testées ; période pendant laquelle elle atteint son optimum puisque l'analyse de variance ne montre pas de différence significative pour le facteur temporel au seuil $\alpha=5\%$.

On constate une variabilité marquée de la toxicité de contact des deux variétés testées pour les faibles doses (0,1% et 0,25%), l'efficacité de EC 219 sur la mortalité des insectes se montrant deux fois plus élevée que celle de EC 503 (34,7% après 24 heures à la dose de 0,1% contre 16,2%). A ces concentrations, l'effet variété sur l'efficacité du produit est hautement significatif au seuil de 5%.

L'efficacité maximale est atteinte dès la dose de 0,5% pour la variété EC 219 alors qu'elle ne l'est qu'à 1% de farine pour la variété EC 503 (tableau 2).

Pour les fortes doses ($\geq 1\%$), cette différence d'efficacité entre variétés n'est plus significative au seuil $\alpha=5\%$. La réponse étant toujours maximale pour une quantité de 1% de farine incorporée aux graines d'arachide et ce, quelle que soit la variété utilisée, c'est donc cette proportion qui sera retenue pour évaluer le comportement du produit à échelle réelle en milieu paysan (Camara, 1997).

III - ESSAIS EN MILIEU PAYSAN

I . CONSERVATION DES SEMENCES EN GRENIER TRADITIONNEL

I - MATERIEL ET METHODES

I.1 Description du site d'expérimentation

L'essai de protection des stocks d'arachide en milieu paysan contre la bruche de l'arachide a été implanté dans le village de Ndiakane, localité située à environ 15 km à l'Est de Bambey, dans la région de Diourbel et le département de Bambey. Quatre agriculteurs volontaires ont participé à la conduite de cette expérimentation en permettant diverses interventions et mesures dans les locaux qu'ils ont affectés au stockage de l'arachide.

I.1.1 Pratiques culturales

Juste après le soulevage, les pieds d'arachide sont déposés sur le sol pour leur ressuyage pendant une journée. Ensuite, ils sont regroupés en petits tas non organisés et séchés ainsi pendant environ une semaine. Les petits tas sont regroupés et disposés en vrac dans des meules circulaires d'environ 5 mètres de diamètre. La durée du séchage en meule varie de 7 à 15 jours.

- Variété cultivée et stockée : 55-437 (Spanish)
- Période de récolte : du 21.10.96 au 29.10.96

I.1.2 Typologie du stockage

Après tararage, les gousses d'arachide sont traitées puis conditionnées dans des sacs séparés en polypropylène tissé d'une contenance de 40 kg. Après traitement, ces sacs sont entreposés dans les chambres des agriculteurs de façon à limiter les dégâts imputables aux rongeurs. Ceux-ci sont disposés les uns des autres à une distance minimale de 30 centimètres de façon à restreindre les interactions éventuelles entre les différents traitements. Les conditions de stockage diffèrent entre chacun des paysans choisis en raison de la diversité de la nature des bâtiments retenus à cet effet et de leur exposition aux facteurs climatiques (exposition au rayonnement solaire direct, isolation et orientation par rapport au vent). On distingue donc quatre types de bâtiments :

- Paysan 1 : Toit en paille, murs en banco, plancher en terre battue et insolation directe ;
- Paysan 2 : Toit en paille, murs en banco, plancher en terre battue et ombrage ;
- Paysan 3 : Toit en tôle ~~de zinc~~, murs en banco, plancher en terre battue et ombrage ;
- Paysan 4 : Toit en tôle ~~de zinc~~, murs en banco, plancher en ciment et insolation directe.

1.2 Traitement

1.2.1 Produits phytosanitaires testés et codification

- **PAC** : Produit à évaluer. Graines entières broyées de *Pachyrhizus erosus* de variété EC 503 et récoltée pendant la campagne 1995 (Broyage effectué avec un moulin de marque SISMAR, tamis de 1,5 mm, vitesse de rotation de 4000 rpm) - Application à la dose de 1 % (p/p) ;
- **PRI** : Produit de référence. Primex® (insecticide binaire : malathion 0,5 % + cyperméthrine 1 %), formulation en poudre pour poudrage (DP). Les fiches techniques et toxicologiques sont jointes en annexe - Application à la dose de 0,25 % (p/p) qui est préconisée par le fabricant ;
- **To** : Témoin négatif. Aucun traitement phytosanitaire.

1.2.2 Application des produits phytosanitaires

Le contenu de chaque unité de conditionnement (sacs de polypropylène d'une capacité de 40 kg d'arachide en gousses) est réparti^L équitablement dans deux sacs aux mêmes caractéristiques de manière à ce qu'ils soient remplis de gousses à mi-hauteur. Après le saupoudrage à la surface du contenu des sacs, le Primex® et la farine de *P. erosus* sont mélangés à la denrée à l'aide d'un brassage énergique qui permet d'assurer leur répartition homogène. Toutes les manipulations s'effectuent à l'écart des habitations avec des sacs fermés par des techniciens munis de masques anti-poussière, des gants en latex et des blouses de laboratoires qui sont lavées aussitôt après le traitement. Les risques d'intoxication par les produits se trouvent donc très réduits.

Lorsque l'application est terminée, on reconstitue les unités de conditionnement en mélangeant les deux fractions correspondant à un même traitement dans un seul sac. Tous les sacs sont ensuite fermés à l'aide de fils de fer avant leur affectation dans leurs locaux de stockage respectifs.

1.3 Plan d'expérience

- Conditions de stockage :
 - Les lots de semences stockés sont ceux qui ont été produits par le paysan
 - Les modalités de stockage sont conformes aux pratiques paysannes
- Objets de comparaison :
 - 1 facteur étudié à 3 niveaux : traitement des gousses (To, PAC, PRI)
- Unité expérimentale :
 - Sac de polypropylène tissé de 40 kg de contenance
- Dispositif expérimental :
 - Essai multilocal avec regroupement des essais
 - Nombre de répétitions : 1 (un essai est implanté chez chacun des 4 paysans choisis)

I.4 Paramètres observés et expression des résultats

I.4.1 Echantillonnage

Des échantillons de 2 kg sont prélevés à différents stades de la conservation des arachides à l'aide d'une sonde à fenêtre, puis sont analysés au laboratoire dès leur arrivée. Les analyses portent sur 3 répétitions de 500 gousses par traitement et par paysan.

La période d'échantillonnage s'est étalée du moment de la récolte (20.10.1996) jusqu'à celui du triage et du décorticage avant le semis pour la campagne suivante (18.06.1997), soit pendant 8 mois de stockage.

I.4.2 Paramètres observés

- Pression d'infestation en ravageur :

Afin de mieux rendre compte de l'intensité de l'attaque des graines et de la dynamique des populations de bruches au sein des unités de conditionnement et après traitement, deux séries d'observations ont été menées à 15 jours d'intervalle. La première évaluation appelée "Comptage Direct" est effectuée le jour du prélèvement et permet de déterminer l'infestation libre et les dégâts directs portés sur les gousses d'arachide. La seconde évaluation appelée "Comptage des Infestations Cachées" permet de comptabiliser l'émergence des stades pré-imaginaux et de mettre en évidence les dégâts qui en résultent. Les données obtenues par ces deux critères d'évaluation sont additionnées pour exprimer les résultats de façon à en dégager l'influence des traitements sur le degré d'infestation global des denrées. Les paramètres observés sont :

- Le nombre moyen d'insectes adultes par échantillon de 500 gousses ;
- Le nombre moyen d'orifices de sortie des larves par échantillon de 500 gousses.
- Qualité des graines :
 - Le potentiel germinatif des semences : Pour chaque prélèvement, les gousses sont décortiquées et 3 répétitions de 100 graines par traitement et par paysan sont mises à germer dans des boîtes de Pétri (Ø 15 cm) entre deux feuilles de papier buvard humecté d'eau distillée stérile. Le potentiel germinatif est exprimé en fonction de la faculté germinative (pourcentage de graines germées au bout de 72 heures à 30°C) et de l'énergie germinative (vitesse de germination) des graines. Cette dernière est déterminée selon le calcul suivant :

$$\begin{aligned}
 & 3 \times \% \text{ de graines germées entre 0 et 48 heures} \\
 + & 2 \times \% \text{ de graines germées entre 48 et 72 heures} \\
 + & 1 \times \% \text{ de graines germées entre 72 et 96 heures}
 \end{aligned}$$

énergie germinative (comprise entre 0 et 300)

- Degré de contamination des graines par les moisissures : Au cours des tests de germination, le nombre de graines présentant des fructifications de *Aspergillus niger* et de *A. flavus* à leur surface est comptabilisé. Le développement de l'infection est suivi pendant 72 heures. *A. niger* est un acteur important de la fonte des semis observée pendant les vingt premiers jours après

la mise en terre des graines. L'évaluation du pourcentage de graines contaminées par cet Ascomycète apporte donc un élément d'estimation des risques de chute de la densité à la levée des pieds d'arachide au champ. La présence de *A. flavus* est aussi détectée en raison des risques que représente la trituration artisanale des graines contaminées par l'aflatoxine. Le suivi des taux de contamination des graines par le champignon permet d'établir les répercussions qu'ont eu les traitements sur leur qualité en terme de nutrition humaine.

- Rendement au décortilage : L'analyse technologique des lots de graines à la fin du cycle de stockage (8^{ème} mois) permet de déterminer la quantité effective de semences qu'auront à leur disposition les agriculteurs pour la campagne en cours et leur qualité en fonction des traitements effectués. Deux niveaux de tris ont été pris en considération pour établir ce rendement : le rendement en Tout Venant (TV) qui sont des semences de qualité moyenne et le rendement en Hand Picking Selected (HPS) qui sont des graines de bonne qualité.

II - RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1 Etat sanitaire des semences avant le stockage

Une évaluation qualitative et quantitative succincte des gousses au sein des meules a permis de mettre en évidence un état sanitaire général très médiocre. Beaucoup de gousses sont percées par les arthropodes ou entièrement vidées (déprédateurs non identifiables). On constate aussi la présence très prononcée de taches brunes caractéristiques à la surface des coques dues à la présence dans le sol de nématodes et plus particulièrement *Pratylenchus brachyurus*. Il faut noter que cette espèce n'était jusqu'alors pas signalée au Sénégal (P. Cadet, comm. Pers.).

La composante biologique (iules, termites et nématodes) est sans conteste le principal élément dépréciateur des récoltes avant leur stockage avec 35,5 % de dégâts causés sur les gousses (tableau 3). Cette analyse permet aussi de constater que l'égoissage à l'aide d'un battoir provoque des pertes non négligeables (6,9 %) face à une technique manuelle qui n'en cause aucune. Les gousses dont le développement a été interrompu avant maturité représentent 3,9 % des défauts relevés dans la meule.

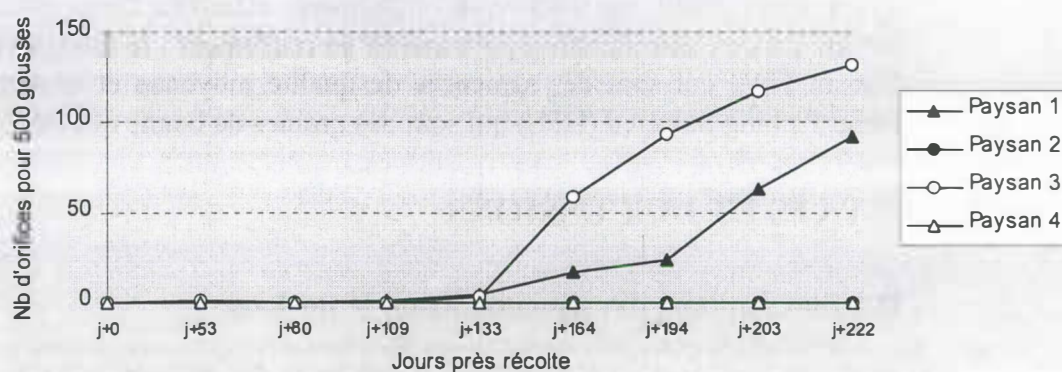
Tableau 3 : Pourcentage de coques présentant un défaut acquis avant le stockage

Iules	Termites	Nématodes	PHYSIOLOGIE		TECHNOLOGIE		graines Saines
			Bout noir	Immature	Coupée	Cassée	
10,0 %	14,2 %	11,1 %	2,7 %	1,2 %	0,0 %	6,9 %	73,9 %

3,9 %

unifich de
me. 100 % (y de 1)

Orifices de sortie des larves de *C. serratus*



Adultes de *C. serratus*

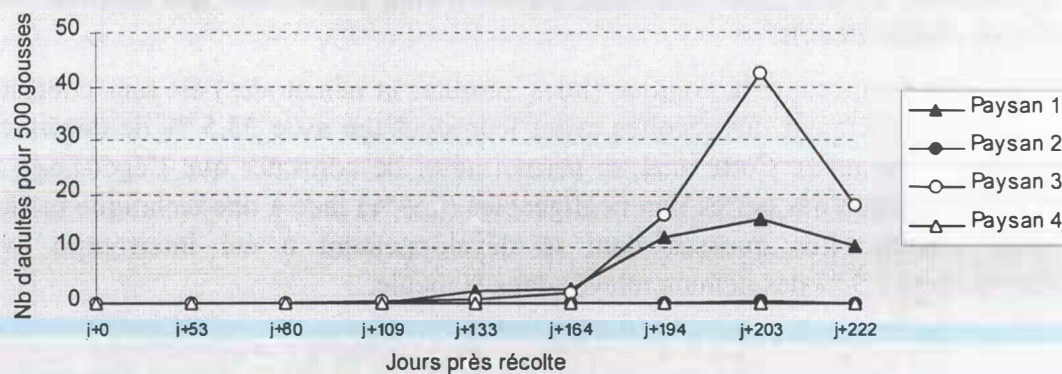


figure 2 : Evolution comparée de l'infestation dans chacun des 4 greniers, tous traitements confondus

II.2 Effet des traitements sur la pression d'infestation de *C. serratus*

Les premières attaques de larves de *C. serratus* sont observées dès le premier échantillonnage à 53 jours après la récolte (tableau 4). Aucun adulte n'est trouvé dans les sacs au moment du prélèvement des échantillons, ce qui montre la grande capacité de prospection de cette espèce. La présence des adultes dans les unités de conditionnement ne devient significative qu'à j+133 au seuil de 5% selon le test de comparaison des moyennes de Newmann et Keuls (tableau 5). Les niveaux d'infestation initiaux sont très hétérogènes. On constate qu'ils sont élevés dans les greniers des paysans 1 et 3 (respectivement 2,3 et 0,9 insectes par échantillon de 500 gousses) et nuls dans les greniers des paysans 2 et 4. Cette hétérogénéité ne s'explique pas par la spécificité de chaque local de stockage (aucun recoupement n'ayant pu être établi), ni par les conditions thermiques et hygrométriques qu'il y règne (statistiquement homogènes).

Tableau 4 : Nombre d'orifices de sortie des larves par échantillon de 500 gousses.

jours après récolte (j + x)		j + 53	j + 80	j + 109	j + 133	j + 164	j + 194	j + 203	j + 222
Paysan 1	To	0,7 ^b	0,3 ^a	1,7 ^a	12,7 ^a	51,3 ^b	69,7 ^b	184,0 ^b	269,7 ^a
	PAC	0,3 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,3 ^c	2,7 ^c	6,0 ^c	8,0 ^b
	PRI	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d
Paysan 2	To	0,0 ^b	0,3 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	1,0 ^d	1,3 ^c
	PAC	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d
	PRI	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d
Paysan 3	To	1,3 ^a	1,0 ^a	1,3 ^a	8,7 ^a	175,7 ^a	270,7 ^a	334,7 ^a	376,3 ^a
	PAC	0,3 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,3 ^c	9,0 ^c	17,0 ^c	20,0 ^b
	PRI	0,3 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d
Paysan 4	To	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,3 ^d	0,0 ^d
	PAC	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d
	PRI	0,0 ^b	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^c	0,0 ^d	0,0 ^d	0,0 ^d

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

Tableau 5 : Nombre d'adultes par échantillon de 500 gousses

jours après récolte (j + x)		j + 53	j + 80	j + 109	j + 133	j + 164	j + 194	j + 203	j + 222
Paysan 1	To	0,0 ^a	0,0 ^a	0,3 ^a	6,7 ^a	7,3 ^a	35,3 ^a	40,0 ^b	29,3 ^a
	PAC	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,7 ^b	6,0 ^c	2,3 ^{ab}
	PRI	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c
Paysan 2	To	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	1,0 ^d	1,3 ^c
	PAC	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c
	PRI	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c
Paysan 3	To	0,0 ^a	0,3 ^a	0,7 ^a	2,7 ^a	5,3 ^a	48,3 ^a	121,3 ^a	43,3 ^a
	PAC	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,7 ^b	5,7 ^c	10,3 ^{ab}
	PRI	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c
Paysan 4	To	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,3 ^d	0,0 ^c
	PAC	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c
	PRI	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^b	0,0 ^d	0,0 ^c

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

La dynamique des populations est fortement dépendante de la pression d'infestation à l'instant initial. On s'aperçoit qu'aucun peuplement de bruche ne s'installe dans les sacs au cours du cycle du stockage (infestation secondaire), probablement à cause de la fermeture des sacs et de leur isolement les uns vis-à-vis des autres (figure 2). Par contre, on constate qu'à partir du 133^{ème} jour après récolte l'accroissement des populations de *C. serratus* est très

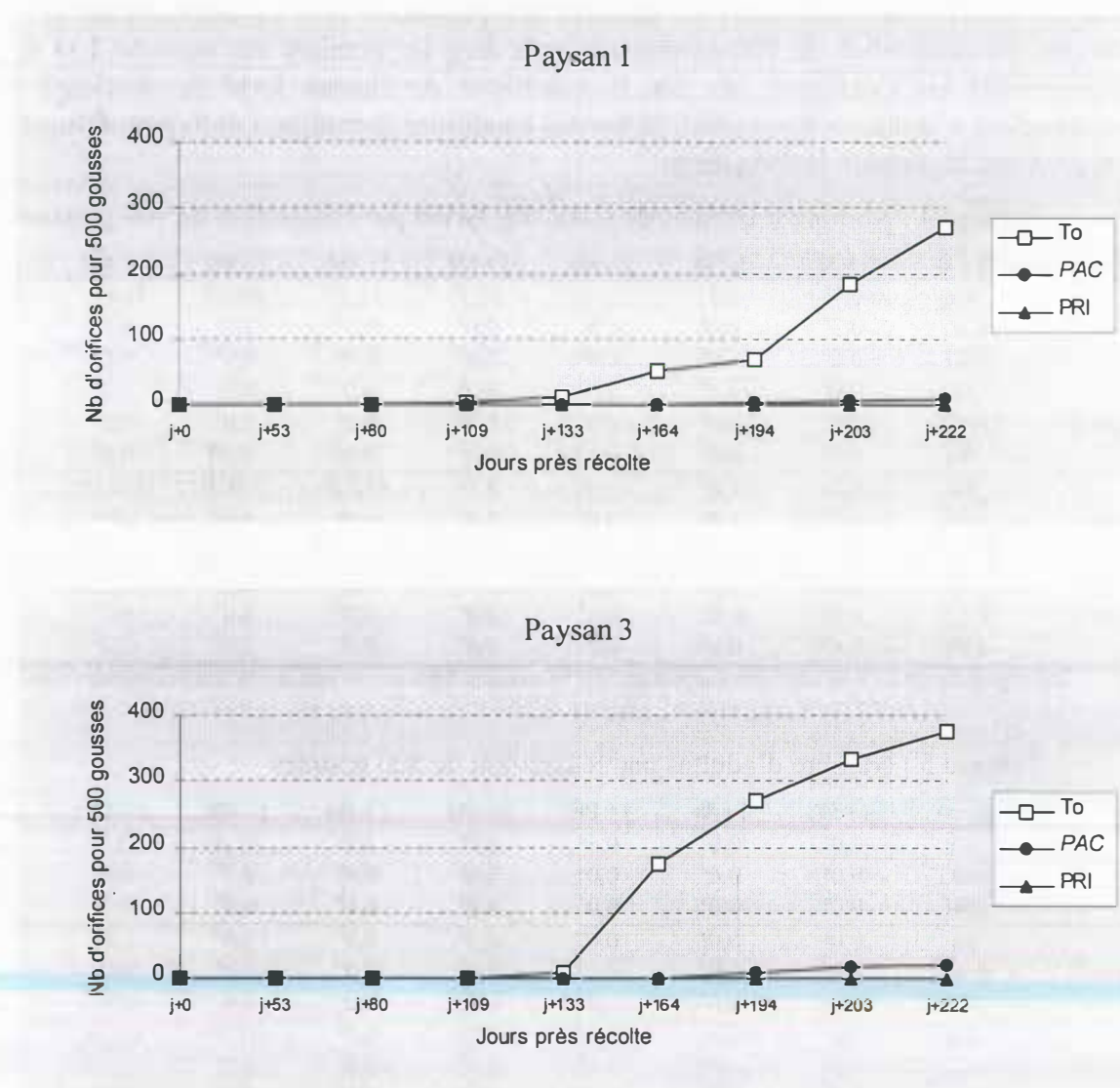


figure 3 : Effet des traitements insecticides sur l'évolution de la pression d'infestation

rapide au sein des sacs qui avaient été contaminés dès le départ. L'émergence des adultes tend vite vers une valeur seuil, puis décroît à cause de l'épuisement du substrat lorsque la pression de parasitisme dépasse les 50% de gousses totales atteintes, c'est-à-dire plus de 60% de bonnes gousses puisque seul 73,9% des gousses sont saines en moyenne au début du cycle de stockage (tableau 3).

La population de *C. serratus* et les dégâts consécutifs à l'infestation sont retardés en présence de farine de *P. erosus* jusqu'au 164^{ème} jour après récolte alors qu'ils sont absents pendant toute la durée du stockage lorsque les gousses sont traitées au Primex® (figure 3). Cependant l'efficacité du produit d'origine végétale à la dose de 1% reste tout à fait remarquable en fin d'expérimentation puisqu'il limite en moyenne de 95,9% les déprédations causées sur les gousses d'arachide à j+222 (tableau 4). La rémanence absolue des matières actives contenues dans la farine complète de *P. erosus* peut être estimée à 164 jours dans les conditions de l'essai. Mais dans la mesure où il est communément acquis qu'une efficacité de 80% est jugée acceptable pour limiter de manière significative les dégâts causés par les insectes, on peut conclure que le traitement de couverture des gousses conditionnées en sacs de polypropylène avec ce produit a une efficacité optimale.

II.3 Répercussion des traitements sur la qualité des graines

II.3.1 Potentiel germinatif

Conformément aux observations faites sur l'intensité des dégâts causés aux graines par les larves de *C. serratus*, on trouve une grande hétérogénéité de la faculté germinative des lots de semences en fonction de leur provenance. Les greniers les plus pénalisés étant ceux appartenant aux paysans 1 et 3. Cette différence relevée dans les pourcentages de germination résulte bien de l'infestation par les bruches puisqu'ils étaient tous statistiquement identiques au 80^{ème} jour après récolte et que l'on a observé aucune attaque d'insecte appartenant à des espèces différentes (tableau 6).

La faculté germinative se désagrége ^{décroît} très rapidement lorsque les stocks de semences sont infestés puisque l'on a remarqué une chute du taux de germination des graines de 98% à 34% dans le grenier du paysan 3. Pendant la même période, des graines saines conservent leur qualité. Dans les greniers des paysans 2 et 4, exempts de toute présence de bruche, la faculté germinative reste constante et maximale d'après le test de comparaison des moyennes de Newmann et Keuls au seuil $\alpha=5\%$ (tableau 6).

Le traitement des semences par la farine complète de *P. erosus* variété EC 503 montre une efficacité sur la préservation de la faculté germinative statistiquement similaire à celle obtenue avec le Primex®. Grâce à l'application des produits ; les taux de germination n'ont subi aucune altération au cours du temps à l'inverse des objets non traités. Ceux-ci restent maximaux quelle que soit la pression d'infestation (résultats identiques chez les paysans 1, 2, 3 et 4).

Tableau 6 : Evolution au cours du temps de la faculté germinative (%) des semences d'arachide après traitement

jours après récolte (j+x)		j+80	j+164	j+222
Paysan 1	To	98,7 ^a	70,0 ^b	55,7 ^b
	PAC	99,7 ^a	97,0 ^a	92,7 ^a
	PRI	97,7 ^a	98,7 ^a	98,0 ^a
Paysan 2	To	99,7 ^a	99,0 ^a	91,7 ^a
	PAC	98,3 ^a	98,3 ^a	100,0 ^a
	PRI	99,0 ^a	98,7 ^a	98,7 ^a
Paysan 3	To	98,0 ^a	68,0 ^b	34,0 ^c
	PAC	98,3 ^a	98,3 ^a	90,7 ^a
	PRI	99,3 ^a	98,7 ^a	100,0 ^a
Paysan 4	To	98,3 ^a	98,3 ^a	97,3 ^a
	PAC	98,7 ^a	99,3 ^a	97,7 ^a
	PRI	98,3 ^a	98,7 ^a	99,0 ^a

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

L'effet des traitements sur l'énergie germinative est identique à celui observé sur les taux de germination. La vitesse de germination initiale des graines est maintenue pendant 8 mois pour les objets traités alors qu'elle est considérablement réduite pour les témoins lorsque la pression d'infestation est importante. Celle-ci chute en effet de plus de 65% entre les instants j+80 et j+222 dans les conditions sanitaires du grenier du paysan 3 (tableau 7) pour le lot de semence qui n'a subi aucune application de produit insecticide. Aucune différence d'efficacité significative entre les deux produits testés n'a été détectée aux doses utilisées quelle que soit la période d'évaluation.

Tableau 7 : Evolution au cours du temps de l'énergie germinative (sur 300) des semences d'arachide après traitement

jours après récolte (j+x)		j+80	j+164	j+222
Paysan 1	To	148,0 ^a	105,5,0 ^b	83,5 ^b
	PAC	149,7 ^a	145,5 ^a	140,0 ^a
	PRI	146,8 ^a	148,0 ^a	147,2 ^a
Paysan 2	To	149,5 ^a	149,2 ^a	138,7 ^a
	PAC	147,8 ^a	147,5 ^a	150,0 ^a
	PRI	148,7 ^a	149,0 ^a	149,2 ^a
Paysan 3	To	147,0 ^a	102,5 ^b	51,0 ^c
	PAC	148,7 ^a	147,8 ^a	136,2 ^a
	PRI	149,2 ^a	148,2 ^a	150,0 ^a
Paysan 4	To	147,5 ^a	147,5 ^a	146,5 ^a
	PAC	148,0 ^a	149,0 ^a	146,8 ^a
	PRI	147,8 ^a	148,3 ^a	148,5 ^a

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

II.3.2 Etat sanitaire

Les tests de germination menés au laboratoire en boîtes de Pétri avec les lots de graines prélevées dans les quatre greniers ont mis en évidence la présence de mycélium et de fructifications caractéristiques des champignons *Aspergillus niger* et *A. flavus*. L'observation des objets non traités montre que tous les lots ont été contaminés par un inoculum primaire (tableau 8).

Il semblerait que la contamination par la microflore pathogène soit hautement corrélée à la pression d'infestation des graines par *C. serratus* puisqu'elle reste très faible dans les lots indemnes (2,7% de graines infectées par *A. niger* chez le paysan 2 après 72 heures d'incubation des graines à 30°C), et atteint des valeurs élevées dans les lots sévèrement bruchés (83% de graines infectées chez le paysan 3 dans les mêmes conditions).

Le tri~~s~~ des graines effectué par les paysans juste après le décortilage des gousses réduit très fortement la proportion de graines infectées (figure 4). On a ainsi pu observer une réminiscence moyenne de 86,1% et de 88,7% de la contamination des graines respectivement par *A. niger* et *A. flavus* après 72 heures d'incubation à 30°C (tableau 8 & 9).

En éradiquant les populations de bruches dans les lots de graines stockées, les traitements insecticides présentent une excellente efficacité sur le contrôle du développement de *A. niger* et *A. flavus* (figure 4).

Tableau 8 : Taux de contamination des lots de graines d'arachide stockés pendant 8 mois en grenier traditionnel (en %) par *A. niger* et *A. flavus* avant le tri~~s~~ des paysans

		24 h		48 h		72 h	
		<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>
Paysan 1	To	0,0	5,3	31,0	22,3	73,3	47,0
	PAC	0,3	0,0	2,3	2,7	2,3	2,7
	PRI	0,0	0,0	2,7	0,0	2,7	0,0
Paysan 2	To	1,7	1,0	3,3	5,0	2,7	6,3
	PAC	0,0	0,0	2,0	0,0	0,7	0,3
	PRI	0,7	0,3	0,3	0,3	1,0	0,0
Paysan 3	To	0,3	0,7	34,7	14,7	83,0	63,7
	PAC	0,0	0,3	3,0	1,3	2,0	0,3
	PRI	0,0	0,0	1,3	0,0	3,0	2,7
Paysan 4	To	0,3	0,3	3,6	1,0	5,0	1,0
	PAC	0,0	0,0	0,6	0,0	0,7	0,3
	PRI	0,0	0,3	0,3	0,3	1,0	0,0

Tableau 9 : Taux de contamination des lots de graines d'arachide stockés pendant 8 mois en grenier traditionnel (en %) par *A. niger* et *A. flavus* après le tri~~s~~ des paysans

		24 h		48 h		72 h	
		<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>	<i>A. niger</i>	<i>A. flavus</i>
Paysan 1	To	0,0	0,0	0,3	0,0	0,7	0,0
	PAC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	PRI	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,7
Paysan 2	To	0,0	0,0	2,0	0,0	5,0	0,0
	PAC	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0
	PRI	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,3
Paysan 3	To	0,0	0,0	7,3	4,3	19,7	8,7
	PAC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	PRI	0,0	0,0	0,7	0,0	2,0	0,0
Paysan 4	To	---	---	---	---	---	---
	PAC	---	---	---	---	---	---
	PRI	---	---	---	---	---	---

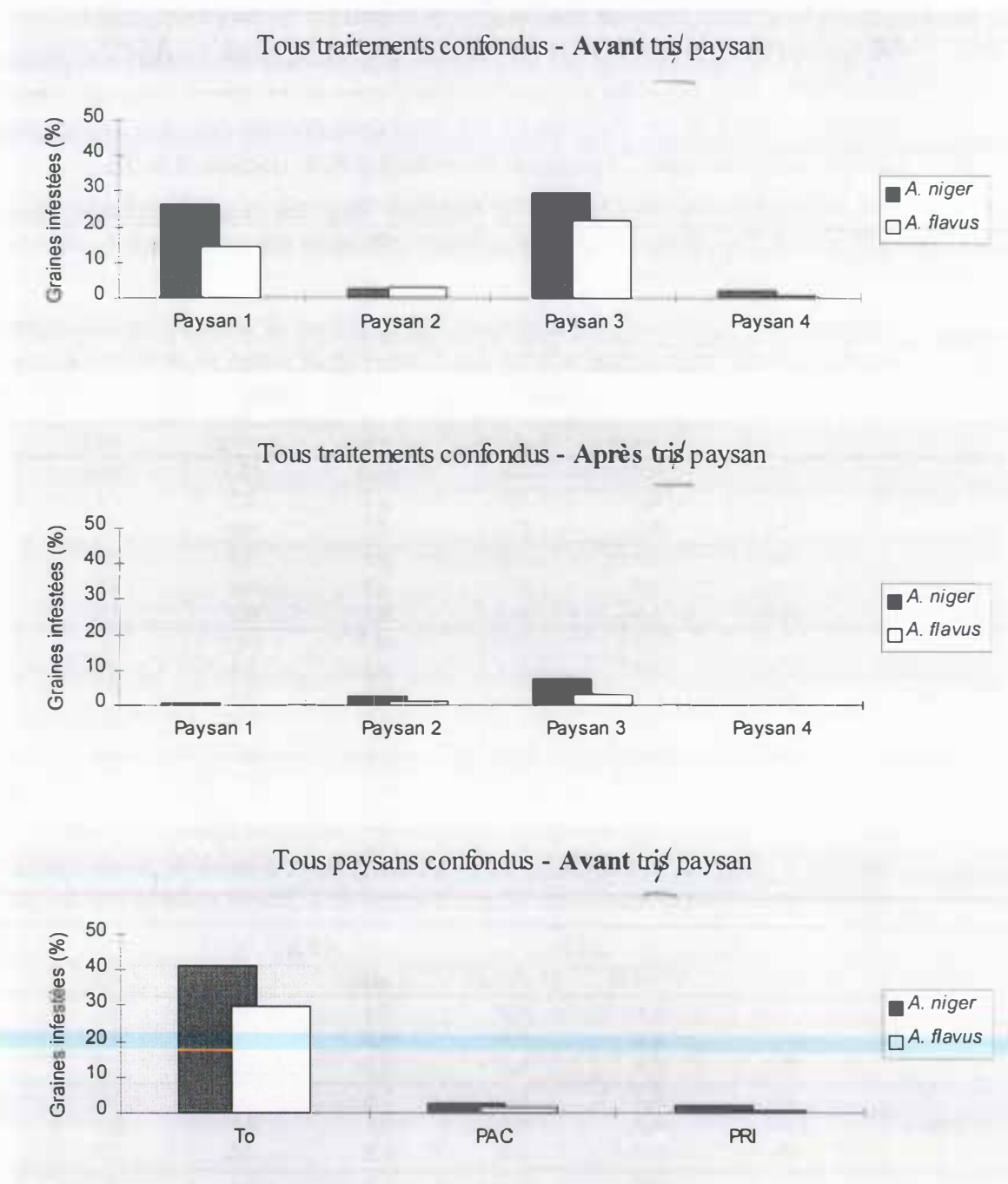


figure 4 : Effet des traitements insecticides sur le développement de la microflore pathogène tous traitements confondus, 72 heures après germination des graines en étuve à 30°C

II.3.3 Rendement au décortiquage

La quantification en fin de cycle de stockage des graines ayant les qualités d'une bonne semence révèle là encore une très grande hétérogénéité parmi les différents lots. Celle-ci est fortement imputable aux attaques de bruches et au développement des moisissures qui en résulte. Les paysans 1 et 3 se retrouvent fortement pénalisés avec l'obligation d'écarter au triage respectivement 73,7% et 79,2% du total des graines pour obtenir des semences de qualité (tableau 10). Le rendement en graines HPS, qui sont sélectionnées parmi le "tout venant" pour leur qualité sanitaire, leur aspect et leur taille, est fortement dépendant du traitement. Alors que l'on peut constater que c'est au contraire la sévérité très subjective du tri par les paysans qui est le facteur le plus important de la productivité de graines "tout venant". En effet, quelle que soit la pression parasitaire et fongique, on peut observer que les rendements de décortiquage TV restent approximativement identiques.

Qualitativement, il n'apparaît pas de différence d'efficacité entre les deux produits testés sur la productivité en semences de qualité.

Tableau 10 : Rendement au décortiquage des lots de graines après 8 mois de stockage (Rdt TV : rendement en graines Tout Venant ; Rdt HPS : rendement en graines dites "Hand Picking Selected")

		Rendement au décortiquage		
		Rdt TV	Rdt HPS	Rdt HPS/TV
Paysan 1	To	60,9%	26,3%	43,1%
	PAC	64,6%	40,2%	62,3%
	PRI	64,5%	42,2%	65,5%
Paysan 2	To	68,6%	42,1%	61,3%
	PAC	70,3%	46,2%	65,7%
	PRI	69,0%	44,1%	63,8%
Paysan 3	To	58,4%	20,8%	35,5%
	PAC	68,8%	46,1%	67,0%
	PRI	61,3%	39,9%	65,1%
Paysan 4	To	58,7%	34,5%	58,8%
	PAC	67,7%	44,6%	65,9%
	PRI	73,2%	56,6%	77,2%

(échantillonnage : 500 graines ; répétitions : 5)

exigé

II . REPERCUSSION DE LA CONSERVATION DES SEMENCES SUR LE MAINTIEN DE LEUR VALEUR CULTURALE

I - OBJECTIF

La mise en place de cet essai est le prolongement de l'évaluation de l'efficacité des extraits de *P. erosus* sur le contrôle des populations de bruches de l'arachide dans les greniers traditionnels. L'objectif de ce deuxième volet est de quantifier les arrières-effets de la protection des semences dans les stocks pendant l'inter-campagne sur leur valeur culturale en milieu réel.

II - MATERIEL ET METHODE

II.1 Description des sites d'expérimentation

L'essai d'évaluation au champ de la qualité des semences traitées par la farine complète de *P. erosus* a été implanté sur le terroir du village de Ndiakane, localité située à environ 15 km à l'Est de Bambey, dans la région de Diourbel et le département de Bambey. Le village est situé en zone soudano-sahélienne ; la pluviométrie moyenne annuelle, très irrégulière, est comprise entre 140 et 300 mm et répartie de juin à août. Trois des quatre agriculteurs chez qui avaient été établis les essais de protection des stocks d'arachide ont été retenus pour réaliser le suivi du comportement des différents lots de semence issus de leurs greniers, du semis jusqu'à la récolte.

Tableau 11 : Récapitulatif des dates des travaux effectués sur les parcelles expérimentales par les paysans

	Semis	Lecture densité	Sarclages	Récolte
Paysan 1	11/07/97	23/07/97	07/08/97 & 31/08/97	27/10/97
Paysan 2	23/07/97	04/08/97	05/09/97	28/10/97
Paysan 3	11/07/97	23/07/97	22/07/97 & 19/08/97	20/10/97

II.2 Plan d'expérience

- Conditions de culture

- Semences : variété 55-437 ; graines provenant de l'essai "conservation des semences en grenier traditionnel (traitées le 17/17/96 et décortiquées le 18/06/97)
- Pratiques culturales paysannes : absence de fertilisation et de traitement du sol en pré-semis, poudrage direct dans la trémie des semences au spinox (1% p/p), semis au semoir mécanique (disque de 24 dents), interlignes de 0,45 mètres, absence de traitement phytosanitaire foliaire

- Objet de comparaison :

- 1 facteur étudié à 3 niveaux : semences traitées (témoin (To), *P. erosus* var. EC 503 (PAC), Primex® (PRI))

- Unité expérimentale :

- Parcelle élémentaire de 10 lignes x 20 mètres (90 m²)
- Pas de bordures latérales car l'essai est implanté dans des parcelles d'arachide

- Dispositif expérimental :
 - Essai multilocal avec regroupement des essais en blocs complets équilibrés (figure 5)
 - Un essai est implanté chez chaque paysan retenu
 - Nombre de répétitions : 3

II.2 Paramètres observés

- Mesures non destructives : évaluation de la densité à la levée des jeunes pieds au 12^{ème} jour après le semis.
- Mesures destructives : détermination du rendement de gousses (kg/ha) et du rendement en fanes (kg/ha) après récolte à maturité des pieds.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Densité à la levée

Le dénombrement des jeunes plantules qui ont réussi à percer la surface du sol au 12^{ème} jour après le semis (12 jas) des graines montre une très forte disparité des levées entre les trois sites où avaient été implantés les essais. Les très faibles densités de levée observées chez les paysans 1 et 3 s'expliquent par le choix d'une date de semis trop précoce (11/07/97) qui a précédé une période de 10 jours de sécheresse en début de cycle cultural. Le paysan 3, qui a mis en place plus tard ses cultures (23/07/97), n'a pas souffert de ce déficit pluviométrique en semant après la deuxième pluie efficace.

On observe chez le paysan 3, une différence significative au seuil de 5% de la densité des pieds par hectare entre les parcelles semées avec les graines traitées et non traitées. Les taux de germination au champ des graines qui n'ont subi aucun traitement phytosanitaire pendant leur stockage ont chuté de 93,4% par rapport à ceux obtenus avec des graines traitées (tableau 12).

Les effets de la protection des semences par la farine de *P. erosus* en début de stockage sur la préservation de leur potentiel germinatif au champ est comparable à ceux du produit de référence d'après le test de comparaison des moyennes de Newmann et Keuls au seuil de 5%.

Tableau 12 : Nombre de pieds d'arachide levés au 12^{ème} jour après le semis

Traitements		Nb pieds / ha
Paysan 1	To	0 ^d
	PAC	0 ^d
	PRI	0 ^d
Paysan 2	To	163.080 ^a
	PAC	183.210 ^a
	PRI	195.680 ^a
Paysan 3	To	4.570 ^c
	PAC	72.590 ^b
	PRI	65.930 ^b

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

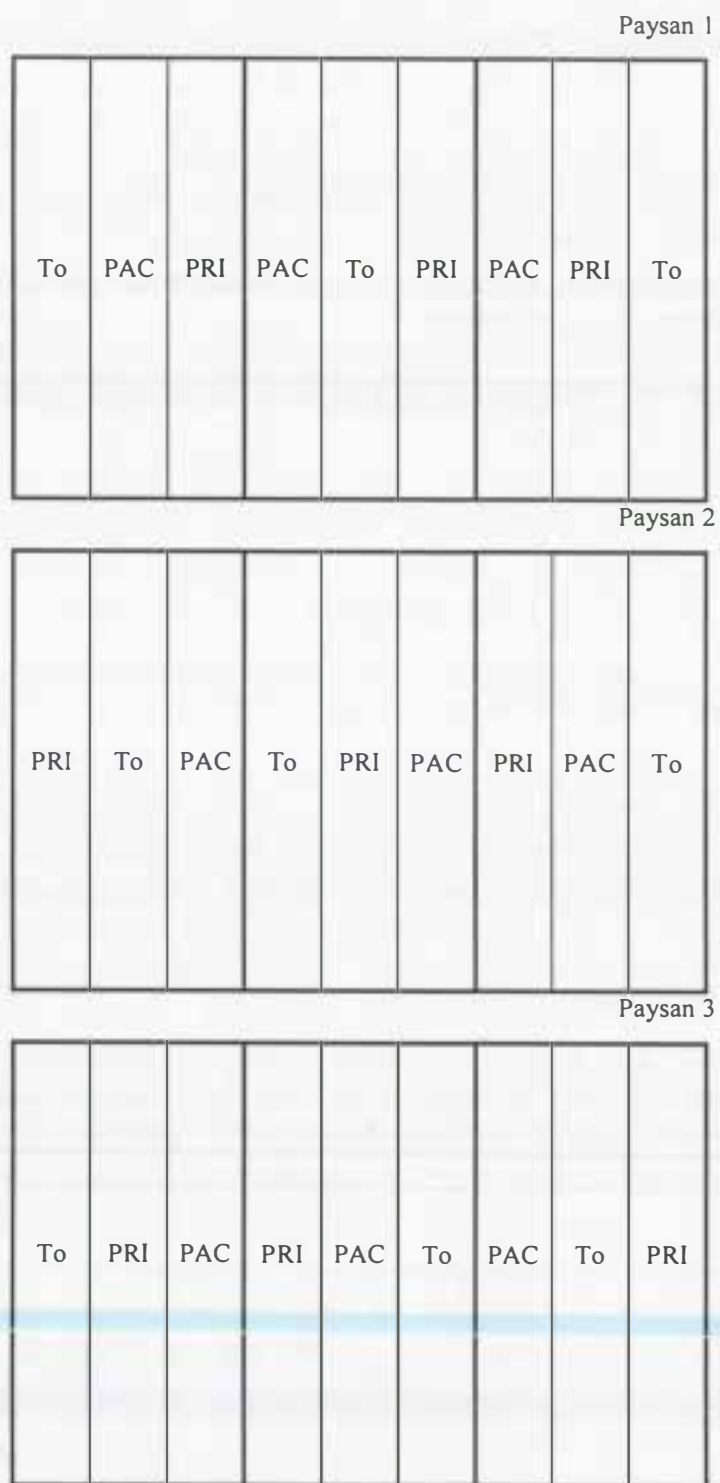


figure 5 : Plan de l'essai

III.2 Rendements

Les conditions climatiques déplorables qui ont sévi pendant la campagne d'hivernage 1997 sur le terroir du village de Ndiakane sont responsables des rendements dérisoires relevés sur toutes les parcelles d'expérimentation. Le présent hivernage se sera en particulier caractérisé par un fort déficit du cumul pluviométrique annuel et deux périodes de sécheresse en début et en fin de cycle (mois de juillet et septembre). Ces dernières sont responsables d'une part du retard de la fructification à cause de l'important niveau d'avortement floral et d'autre part du mauvais remplissage des gousses.

Touché par une excessivement faible pluviométrie (141,9 mm), on observe chez le paysan 2 une très forte mortalité des plants d'arachide entre le 12 jas et le moment de la récolte. On peut en effet relever un taux de mortalité, tous traitements confondus, de 41,7% (tableaux 12 & 13).

Au contraire, chez les deux autres agriculteurs et plus particulièrement chez le paysan 1, dont les parcelles ont été arrosées par 258,4 mm, on peut noter un accroissement du nombre de pieds levés au cours des 100 jours qu'a duré la culture. Mais cette pluviométrie plus clémente n'a permis de rattraper que très partiellement les dégâts irréversibles causés par la sécheresse de début de cycle. La densité finale de pieds d'arachide par hectare reste donc très faible, malgré une densité au semis très conséquente.

On observe une différence significative des rendements en fanes et en gousses chez les paysans 1 et 3 parmi les parcelles semées avec des graines traitées ou non dans les greniers. Les lots de semences non traités montrent systématiquement des rendements moindres que les lots traités et ce, quelle que soit la couverture phytosanitaire utilisée. L'analyse statistique ne permet pas de différencier les différents traitements entre eux au seuil $\alpha=5\%$ (tableau 13). Le gain en rendement apporté par les traitements insecticides est le plus spectaculaire dans le cas des semences provenant de greniers traditionnels très fortement infestés par la bruche de l'arachide. Le paysan 3, a ainsi bénéficié d'un gain de productivité en gousses de 660,8% avec le Primex® et de 623,5% avec la farine complète de *P. erosus*, avec des graines qui avaient pourtant été très sévèrement triées avec le semis.

Cependant, la très forte hétérogénéité des résultats relevés chez les différents paysans en raison des aléas climatiques rend difficile les comparaisons entre traitements et ne permet pas de conclure de manière définitive sur un quelconque effet de ceux-ci.

Tableau 13 : Rendements en gousses et en fanes à la récolte

	Traitements	Densité (Nb pieds / ha)	Rdt gousse / ha (kg / ha)	Rdt fane / ha (kg / ha)
Paysan 1	To	44.370 ^b	129,7 ^b	566,7 ^{cd}
	PAC	47.930 ^b	177,8 ^{ab}	740,8 ^c
	PRI	43.520 ^b	133,3 ^b	748,2 ^c
Paysan 2	To	103.190 ^a	133,3 ^b	1.140,7 ^a
	PAC	100.190 ^a	133,3 ^b	996,3 ^a
	PRI	112.740 ^a	88,9 ^c	1029,6 ^a
Paysan 3	To	11.590 ^c	37,0 ^c	222,2 ^d
	PAC	120.190 ^a	267,7 ^a	822,2 ^b
	PRI	112.590 ^a	281,5 ^a	903,7 ^b

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de Newmann et Keuls)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le traitement insecticide de l'arachide avant son stockage en gousse dans les greniers traditionnels garantit une conservation qualitative et quantitative optimale des graines pendant une durée de 8 mois. Le poudrage des denrées conservées en sac par des insecticides de contact-ingestion limite principalement le développement des populations de bruche en inhibant les infestations primaire (infestation exogène) et secondaire (infestation endogène). Il s'en suit une réduction importante des taux de contamination des graines par la microflore phytopathogène et toxigène et une amélioration de leur qualité semencière et alimentaire.

L'évaluation au laboratoire de l'activité biologique de la farine complète des *P. erosus* a mis en évidence une efficacité maximale sur *Caryedon serratus* dès le premier jour suivant l'application à des doses de l'ordre de 0,5 à 1% (p/p) indépendamment de la variété testée (EC 219 ou EC 503). Dans les conditions de l'expérimentation, la réponse dose-efficacité analogue des deux variétés vis-à-vis de *C. serratus* laisse supposer une variabilité interspécifique très faible entre les variétés quant à la teneur en matières actives des graines. Toutefois, il serait judicieux d'approfondir ces recherches afin de caractériser le plus précisément possible l'efficacité des extraits végétaux tirés de ces variétés lorsqu'elles sont placées dans des conditions de culture différentes. Il est en effet communément admis que les facteurs pédo-climatiques peuvent influencer sur la composition qualitative et quantitative des métabolites synthétisés par les plantes.

Le potentiel insecticide de contact de la farine de *P. erosus* à la dose de 1% (p/p) est comparable à celui du produit phytosanitaire de synthèse utilisé en référence (Primex® de la société SENCHIM) pour la protection des gousses d'arachide en grenier traditionnel. Après 8 mois de stockage, le produit d'origine naturel a limité de 95,9% en moyenne les déprédations imputables aux bruches contre 100% pour le Primex®. Avec seulement 164 jours de protection totale, la persistance d'action de l'extrait de *P. erosus* est plus courte que celle du produit de synthèse qui couvre toute la durée du stockage, mais cet inconvénient peut être supprimé en choisissant judicieusement la période d'application du produit. La spécificité de la dynamique des populations de bruches observée dans les stocks d'arachide étudiés justifie la mise en place des traitements aux environs du soixantième jour après la récolte. De cette façon, tout le cycle de stockage pourrait être couvert.

La préservation de l'intégrité des gousses entretenue par la protection insecticide influe très positivement sur le maintien du potentiel germinatif des semences qui en sont issues. Le traitement est d'autant plus rentable que le niveau d'infestation des denrées stockée est élevé. Un bénéfice de 71,2% à 180,4% de graines capables de germer en boîtes de Pétri a été relevé dans les stocks soumis à de fortes pressions en bruches alors qu'il n'est que de 1,1% à 8,4% dans les stocks faiblement infestés après 8 mois de stockage. Ces gains qualitatifs sont à mettre au bénéfice de la limitation par les insecticides des dégâts directs causés aux graines par les larves et indirects dus au développement des agents mycologiques responsables de la fonte des semis (réduction de 94,7% en moyenne de graines contaminées par *A. niger* dans les greniers fortement infestés). Les efficacités des extraits de *P. erosus* et du Primex® ne montrent pas de différences.

Les résultats obtenus au laboratoire se voient confirmés sur le terrain. La valeur culturale des semences protégées par une couverture insecticide pendant leur conservation à l'inter-campagne se montre nettement supérieure à celle des semences non traitées. Et ceci, malgré un poudrage dans la trémie juste avant le semis avec une spécialité phytosanitaire ternaire alliant deux fongicides et un insecticide (Thirame ; Bénomyl ; Carbofuran) commercialisée sous le nom de Spinox® par la société SPIA.

manuscrit } Ce gain en productivité s'observe sur la densité par hectare des pieds d'arachide ayant levé au 12^{ème} jour après le semis (augmentation d'un facteur x15 consécutivement au traitement post-récolte) et sur le rendement final en gousses et en fanes (accroissement de 642,2% de la production en gousses).

Il faut cependant tempérer l'extrême optimisme émanant de l'analyse des résultats obtenus en raison de leur très forte disparité. La compréhension des causes de la forte hétérogénéité des pressions d'infestation de *C. serratus* entre paysans offre une piste de recherche très intéressante. Il est possible et même fortement probable que les conditions de stockage en soient en grande partie responsables puisque les observations menées sur le terrain n'ont pas mis en évidence des degrés d'infestations différentiels des lots de gousses avant leur stockage dans les greniers traditionnels. Une connaissance plus approfondie de la biologie de *C. serratus* et un suivi plus étroit des conditions thermiques et hygrométriques au sein de chaque enceinte de stockage pourrait apporter un élément de réponse à cette question.

Au terme de cette étude, il en ressort que le traitement de couverture des gousses d'arachide par des insecticides de synthèse peut être substitué par une application d'extraits de plantes et plus particulièrement par de la farine complète (farine + son) de *P. erosus* sous réserve que celle-ci ait une granulométrie suffisamment fine pour optimiser les contacts entre matière active, denrée et ravageur.

BIBLIOGRAPHIE

- ALZOUMA I. (1995). Connaissance et contrôle des Coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel (I.P.M) / Gestion Phytosanitaire Intégrée. *Revue Institut CILSS*, **1** : 4-10
- BALAKOWSKY (1962). La bruche de l'arachide *Caryedon serratus* (Ol.) In Entomologie appliquée à l'agriculture, Eds Mason et Cie, Paris, France, **1**, pp 39-44
- CAMARA M. (1997). Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales - Application au contrôle des bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* F. et de l'arachide *Caryedon serratus* Ol. *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome (non publié)* : 1-2
- CISSE S. (1994). Perspectives de lutte par des pratiques culturales et la résistance variétale contre un champignon tellurique : la cas de *Macrophomina* sur niébé et arachide. *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome (non publié)* : 2-5
- CONWAY J.A. (1983). Notes on the biology and ecology of the groundnut seed beetle *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera Bruchidae) under field conditions in Senegambia. *Trop. Stored Prod. Inf.*, **45** : 11-13
- DAVEY P.M. (1958). The groundnut Bruchids, *Caryedon gonagra* F.. *Bull. of the Entomological Research*, **49** : 63-64
- DECELLE J. (1981). Bruchidae related to grain legumes in the afrotropical area. In The ecology of Bruchids attacking legumes, W. HUND Eds Labeyrie, The Hague, Holland, pp 193-197
- DELOBEL A. and TRAN M. (1993). Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *Planche ORSTOM/CTA*
- DE LUCA Y. (1979). Ingrédients naturels de préservation des graines stockées dans les pays en voie de développement. *Journées d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, **26** (1) : 29-52
- DIOUF O. (1993). *Pachyrhizus rich.* Ex de Candolle, légumineuse tubérifère à haute potentialité alimentaire et économique : Premiers résultats sur l'adaptation à la sécheresse. *Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, 65 p
- FREUD G., FREUD E.H., RICHARD J. and THEVENIN P. (1997). La crise de l'arachide au Sénégal : Un Bilan Diagnostic. *Document Ministère de l'Agriculture du Sénégal - Commission Européenne (non publié)* : 1-29
- KANDJI S.T. (1996). Optimisation de l'utilisation du neem (*Azadirachta indica*) dans la protection des stocks de semences de trois légumineuses forestières contre trois espèces de bruches du genre *Caryedon* (Coléoptère Bruchidae). *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome (non publié)* : 1-3
- MATOKOT L., MAPAGAN-DIVASSA S. and DELOBEL A. (1987). Evolution des populations de *Caryedon serratus* (Ol.) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE) dans les stocks d'arachide au Congo. *L'agronomie Tropicale*, **42** (1) : 69-74

- NDIAYE S. (1981). Biologie de la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* Ol. - Effets des rayons X sur la femelle. Thèse de 3^{ème} Cycle Univ. Paris Sud Centre ORSAY, **2971**, 135p
- NDIAYE S. and JARRY M. (1990). Importance de certaines légumineuses arborées et arbustives au Sénégal dans le cycle de *Caryedon serratus* Ol. (COLEOPTERA : BRUCHIDAE) et influence sur la contamination en plein champ de l'arachide (*Arachis hypogea* L.). *Proc 5th Int. Working Conf. On Stored Product Protection*, **III** : 1663-1669
- SORENSEN M. (1990). Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC.. Wageningen Agriculture University Papers, **90 (3)** : 2-27

ANNEXES